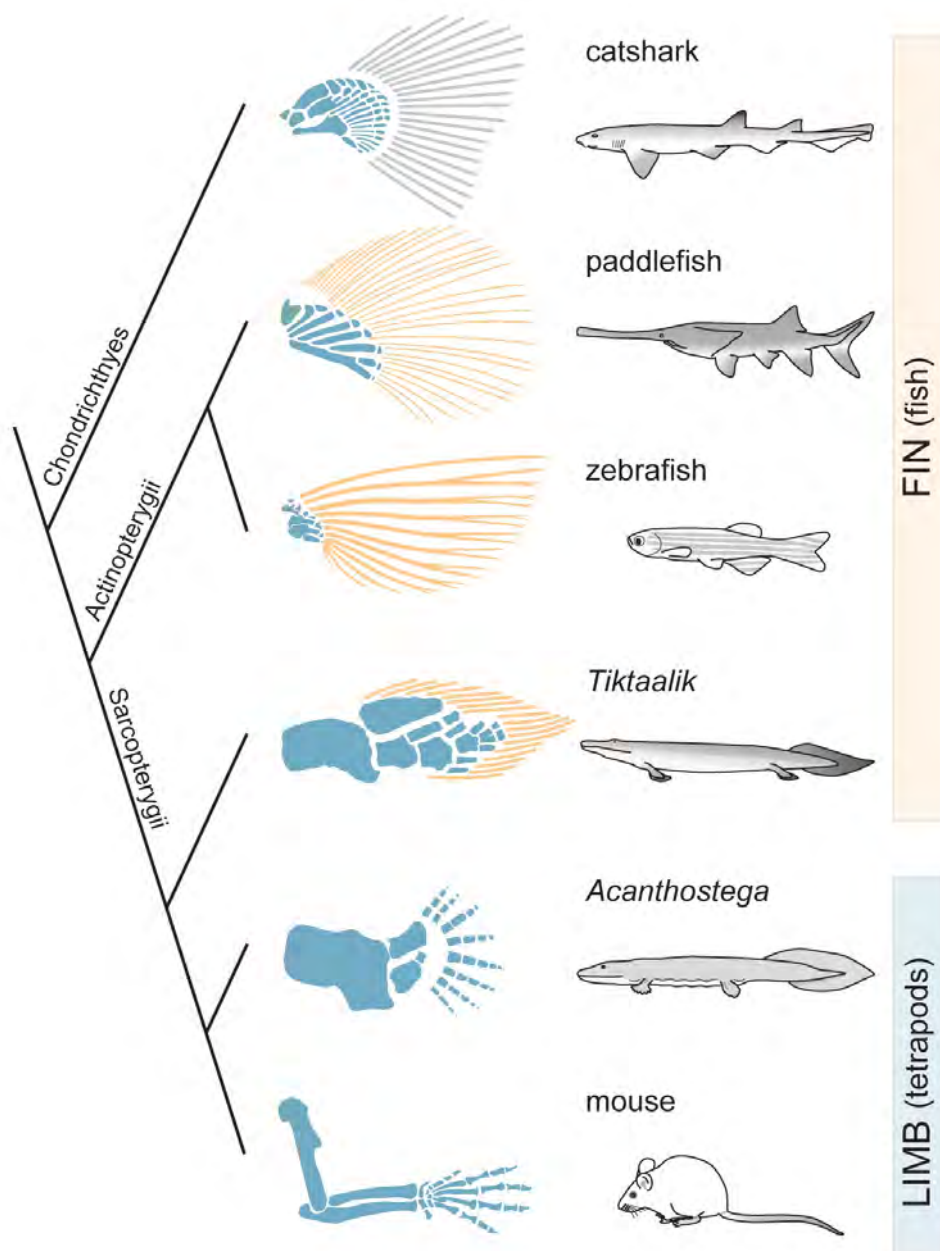




新学術領域研究

# 進化の制約と方向性

～微生物から多細胞生物までを貫く表現型進化原理の解明～



表紙: 脊椎動物において生じた前方付属肢(胸ビレ・前肢)骨格の形態進化。軟骨魚類や条鰭類に見られるような前後軸に広がった胸ビレ骨格の中で、肉鰭類に見られるような基部先端軸に広がった胸ビレが現れた。この肉鰭類が持つ胸ビレ骨格をベースに、四足動物の前肢(人間における手)が進化してきたと考えられている。Tanaka et al. (2020) を参照。

[https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-319-33038-9\\_193-1](https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-319-33038-9_193-1)

(東北大学 田村宏治/阿部玄武 イラスト:米井小百合)

## 目次

若手ワークショップ開催概要		1
若手ワークショップ開催報告	内田 唯	2
若手ワークショップ参加記①	上田 真道	4
若手ワークショップ参加記②	上浦 六十	5
若手ワークショップ参加記③	宮本 知英	7
連載エッセイ(34) 神経解剖学の世界	倉谷 滋	8

# 新学術領域研究「進化の制約と方向性」

## 第5回若手企画ワークショップ「ポスターミーティング」

### 若手ワークショップ開催概要

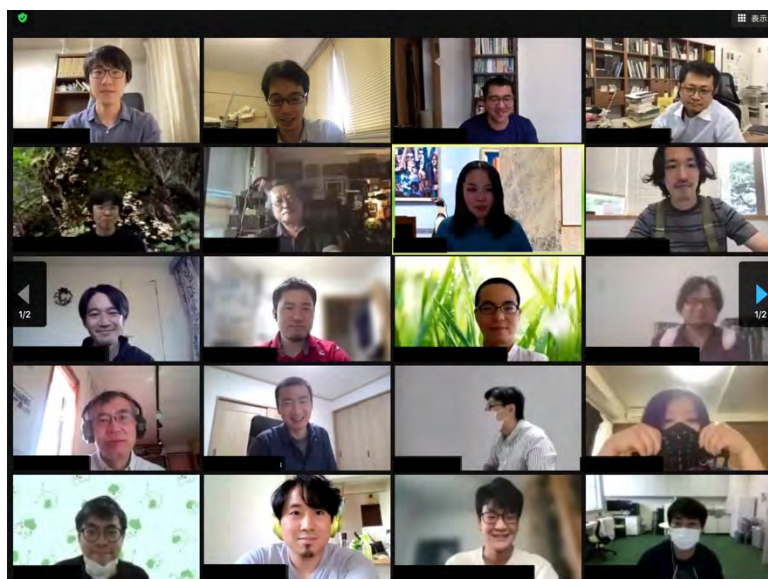
日時:2021年6月2日(水)16:00~18:00

会場:オンライン (Zoom)

世話人(五十音順):上坂将弘(理化学研究所)、上田真道(総合研究大学院大学)、内田唯(東京大学)、北沢美帆(大阪大学)、香曾我部隆裕(理化学研究所)、芝井厚(理化学研究所)、田中祥貴(東北大学)、堤真人(東京大学)、守野孔明(筑波大学)

### プログラム:

- 16:30~16:40 開会および趣旨説明
- 16:40~17:10 発表1ラウンド目
- 17:10~17:20 休憩
- 17:20~17:50 発表2ラウンド目
- 17:50~18:00 閉会



ワークショップ参加者(一部)

## 若手ワークショップ開催報告

文責:内田 唯 (理研 BDR)

若手ワークショップの母体である新学術領域も最終年度に入り、一参加者の身でも現実的な“締め”が視界の端にチラつくようになりました。私たち領域内の若手は、今まさに班代表達が主導している大きな潮流から一旦抜け(少なくとも制度上の枠組みとしては)、各自が見据える未開の世界に向かっていくこととなります。この先の冒険で糧になるのはどのような企画だろうか？研究の切り口も手法も多様性に富んだこの領域から、先の何年も生き続ける大きなお土産を持って旅立つには何を企画するのが良いだろうか？このような観点から企画内容を考えました。

昨年 6 月に行った若手ワークショップでは、現在 PI 世代が行っている研究のよき理解者になる“だけ”ではいけないという理念のもと、「この先解くべき大問題は何か？」というテーマで議論を行いました。また今年2月に行ったワークショップでは、領域内の若手個人個人がどのような研究に取り組んでいるかを知ること・人的ネットワークを構築することを目指し、オンラインポスターセッションを行いました。どちらも意義深いと考えていますし、ポジティブな感想もいただきましたが、話題についても研究に取り組む者の存在についても具体と抽象の一方に大きく振った内容でした。これを踏まえ、なるべく良いとこ取りにしようと思いを巡らせました。(今回も個々の若手にスポットライトが当たるようにしたい。この先の研究展開について話すのが良いだろうが、壮大でもふんわりした雑談に終始するのは果たして建設的と言えるのか。プレゼンターと品評者という構図を極力壊せないだろうか。…)結局今回は、

- 目指すところ:「若手が自分の研究の新たな展開を考え、互いにブラッシュアップしていくこと」
- 発表内容・議論の方針:成果発表だけではなく、これからやりたいことについて議論・アイデア出しをする場にする。(具体的な展開の相談でも、興味からの具体化法の相談でも、話題は自由)

という理念のもとでポスターセッションを行うことにしました。

具体的な開催様式としては、参加者 4-5 名程度のグループに分け、zoom を通じて上記の方針での議論を行いました。今回は発表者がグループにつき 1 名のみとし、聞く話題は少なくなるものの、途中交代を無くし議論に集中することを優先しました。グループメンバーを入れ替えての合計 2回の議論(各 30 分)という構成にしましたが、1 回目は何らかの点で研究領域に共通性があるメンバーを集め、2 回目は極力切り口も階層も違う研究を行っているメンバーを集めました。

議論の詳細・感想は参加いただいた皆様の参加記に譲りますが、企画後に直接感想を伺った限りでは前向きな意味でもっと長く議論を続けたかったという声を聞け、開催側としては嬉しい限りです。何と云っても、そもそも皆様の研究内容が野心に溢れていること・広い知識と好奇心を持つ方が揃っていることに支えられた結果です。

一方で企画運営には多々不備があり猛省するところです。参加登録方法の分かりにくいこと(会議全体の登録フォームとの分離)、ポスター発表参加・議論参加・議論発表参加など参加様式が複雑で出席義務が分かりにくいこと、単純にリマインドが不足していたことなど指摘すべき点が散見されました。全ては「こちらが意図した通りに情報が伝わり、伝えられたことは皆覚えているだろう」という危うい思い込みに根差していると推察しています。当日ワークショップが始まってから慌ててグループ組換えを行うケースも多く、大変申し訳なく思っています。

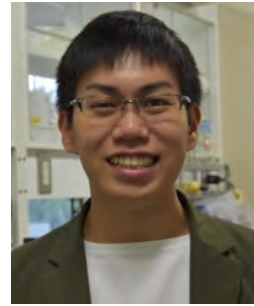
良い点も反省すべき点もありましたが、目指していた「若手が自分の研究の新たな展開を考え、互いにブラッシュアップしていくこと」については皆様のお力により一定の成功に至ったと考えています。発表者の方にはもちろん、ディスカッサーとして参加された方にも何らかの余韻や刺激が残れば幸いです。また、最終年度に当たり、若手同士の繋がりや気軽に議論できる場を維持する方法を考えていきたいところです。

最後になりますが、今回のワークショップに参加いただいた皆様・運営に協力いただいた皆様にご心より御礼申し上げます。

## 若手ワークショップ参加記①

上田 真道

(総合研究大学院大学 生命科学研究科 5年生博士課程 4年  
基礎生物学研究所 生物進化研究部門 長谷部班)



私は2020年6月からこの新学術領域会議に参加させていただいており、今回初めて参加記を書かせていただきます。今回に限らず、これまでのことにも触れつつ書きたいと思います。

私は修士時代、アクアポリンのストレス応答性の局在変化メカニズムについて研究しており、進化とは異なる研究分野に属していました。その後、一度社会人となったのち、生物の多様性が生まれてきた経緯を知りたいと思い、長谷部研に編入学することを決めました。現在はオジギソウのおじぎ運動の進化について研究しています。

この領域会議に初めて参加するまでは、進化といっても漠然としたイメージしか持っておらず、遺伝子発現の変化に伴い表現型が変化し、適応したものとは考えられていませんでした。いざ会議に参加すると、遺伝子型が同じでも表現型が揺らぐことについての研究発表や、進化自体のしやすさ(しにくさ)は何で決まっているのかというような研究発表などがあり、まさに、進化そのものについて解き明かそうとする研究とはこういうものなのかと、衝撃を受けました。また、そのアプローチ方法も実験系から理論系まで、様々な視点から取り組まれており、自分の物の見方があくまで一側面でしかないということを強く意識することになったと記憶しています。さらには、そもそも「揺らぎ」とは何かについて定義するためにとことんディスカッションされていたのを聞き、これまで漠然と考えていたものを明文化しようとするのが、解像度よく問題の本質を捉える上で重要だと感じました。

若手ワークショップについては、同じような境遇の学生や比較的若い研究者と話し合うありがたい機会です。特に、コロナの影響もあって、あまり同じ大学・研究所の学生とも話あう機会は減っており、この若手ワークショップのように、お互いの研究についてじっくり話しあう時間を取れるのは、他の研究室の人からの意見を聞ける点でも、モチベーション維持の点でも大変助かりました。今回の若手ワークショップにおいては、私のオジギソウの運動についての研究は、進化の制約や「揺らぎ」とは直接関係は無かったのですが、多くの貴重なアドバイスやコメントをいただくことができ、自分の研究の方向性について、改めて見つめ直す良い機会となりました。今後の方針や、自分の中で具体的に落とし込めていないことについて、率直に相談できる機会というのは、学会での発表や他の場ではないため、今後もこのような場が続くとありがたいと思っております。

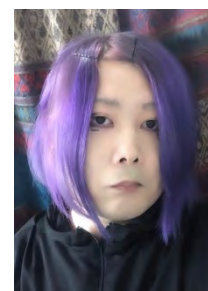
まだまだ未熟で、あまり議論に貢献できておりませんが、今後貢献できるように、励んでいきたいと思っております。最後になりましたが、領域会議の運営に携わった皆様、若手ワークショップ運営委員の皆様、今回ご参加いただいた皆様に、心から感謝申し上げます。

## 若手ワークショップ参加記②

「倉谷新学術領域若手ワークショップに参加して」

上浦 六十

(東京大学 総合文化研究科広域化学専攻 東京大学先進科学研究機構  
市橋班)



2021年6月2日に行われた若手ワークショップに参加した際の体験および所感を記す。ワークショップは、1人の発表者に3人の聴き手を加えた4人を1グループとし、聴き手を変えて2回の発表と議論を行う会であった。平生研究室に引き籠もる私にとって、外部の卓越した研究者方の意見を聴ける絶好の場になるはずであったが、現実にはそれだけでなく、少々苦々しい経験をする場ともなった。

発表は1回につき30分と決められていた。その間に、私達は研究の背景と今までの結果を共有し、今後の展望・野望を話すこととなっていた。また2回の発表のうち、1回目には研究の近い(バックグラウンドをよく共有した)聴き手を、2回目には出鱈目に選択された聴き手を交えての議論が行われた。視点の異なる議論を行えるこの構造は刺激的で、幅広い提案を獲得できる点でも効果的に感じた。しかしながら同時に、30分という時間は特に2回目の議論において致命的に短いとも感じた。詳しくは後に述べる。

1回目の発表では前述の通り、研究背景をある程度共有した研究者が聴き手に選ばれた。そのため、使用している系の説明は乗り越え、私が実験を行う上で前提とした結果についての指摘に終始した。詳細は避けるが、特に競争系で得られた集団サイズの振動ダイナミクスから読み取るべき情報については今まで想定していなかった指摘もあり、私の実験結果を考察する上で大変役に立った。この「生物の挙動から読み取るべき情報」を考えることは当然日々行なっていることであるが、より解像度の高い意見を頂けたことは私にとって大変価値があった。

2回目の発表では、私の乏しい説明が由来して、そもそも議論すら発生しなかった。その原因を示すには、少し私の研究に触れるべきであろう。先ず、私が研究に用いている系は翻訳酵素遺伝子を持ったRNAと無細胞翻訳系を組み合わせた自己複製系である。私の研究は、競争状態にあるこの自己複製系にある宿主と寄生体が(そして一般にある宿主・寄生体関係が)引き起こす状態遷移を明らかにするものである。これに対し、得られた指摘は唯一「結局、何の生き物なの？」であった。この喜劇の原因は至って単純で、RNA自己複製系が認知されていない中で私とその説明を怠った、ただこれだけである。この指摘を起点に話は屈折し、無能はただへらへらただけで無為に時間を過ごしてしまった。改めて自分の用いている系が特殊である(生物学者からすれば一般的ではない)系であることを痛感し、ここに関する説明責任を強く認識する顛末となった。学生



の身分でこう言った痛い目に会えたのは救いであったと言うのが本音で、特に今後も私は生物を直接使用する気は一切ないので、今後のプレゼンテーションへのフィードバックとしてかなりの価値があったと感じている(きっと、多くには今更と嗤われることであろう)。

本質な議論(そもそも本質的議論とは何かはさておき)を得るにはどうすればいいか。簡単には、時間を引き伸ばせば良いと思う。その点で、前述の通り 30 分と言う時間は少し短いと感じた。とは言え、30 分と言えば国内学会における口頭発表の時間としては一般的である様な気もする(しかし、口頭発表の場で研究を研磨する本質的な議論が常に発生しているとは言い難い)。今回は2回に分けたが、聴き手を混ぜて1回にして仕舞っても面白い議論が出来たかも知れない(ダメ出しの様で恐縮である)。大前提には、議論したい部分を澄み渡った説明を持って提供することが必要であろう。次にこの様な機会があることに期待して、次こそは深い議論を提供できる様になろうと思う。

最後に、ワークショップと言う形で素晴らしい議論の場を提供して下さった若手の会の皆様には感謝を伝えたい。是非とも、またこの様な場を作って頂ければ個人的にとってもありがたく感じる次第である。また、議論の後に行われた懇親会で、若手が集まり気楽に議論できる場が欲しいと言う話を某氏と行った。私はこの慾求に強く賛成している。研究者以前の私に関われるかはさておき、その様な場が望まれていることを嬉しく思うし、是非関わりたいと思う。

## 若手ワークショップ参加記③

宮本 知英

(東北大学 生命科学研究科 動物発生分野 修士課程 1 年  
阿部班)



東北大学・阿部班の宮本です。6 月 2 日に新学術会議に合わせて開催されました、若手ワークショップに参加した感想を述べたいと思います。

私は現在、魚類の正中鰭をモデルとした進化発生生物学の研究を行っております。魚類の正中鰭は数や形の点で非常に多様化していることが知られており、私は新たな鰭を作り出す発生メカニズムが獲得される進化過程に興味を持っております。この進化過程を明らかにするために現在、正中鰭の形成過程を遺伝子発現や細胞動態のレベルで調べております。今回のワークショップでは、現在行っているゼブラフィッシュでの正中鰭の形成過程に関する実験結果の報告と、今後行う予定の RNA-seq での解析についての発表を行いました。

今回のワークショップでは 2 ラウンドで行われ、1 ラウンド目では専門の近い人同士で、2 ラウンド目では専門の遠い人同士でグループ分けを行うというものでした。

1 ラウンド目でのディスカッションでは専門が近いこともあり、自分の考えていることをすぐに理解していただきました。実験データの解釈からこの研究をどのように発展させることが出来るのか、というところまでご意見を頂くことが出来、大変楽しませて貰いました。頂いたコメントの中には、私があまり意識してこなかった視点や調査不足で把握しきれていなかった先行研究の内容などがあり、大変勉強になりました。

2 ラウンド目でのディスカッションでは、専門が遠いこともあり内容について理解して貰えるのか心配でした。しかし、発表を終えて質疑応答を行う内に、1 ラウンド目でのディスカッションとは異なる目線からコメントを頂くことが出来ました。少人数を相手に自分の研究内容についてディスカッションさせて頂く機会は、所属研究室以外ではほとんど経験がありませんでしたので、専門の異なる方々に私の研究内容を説明するこのラウンドは非常に良い経験となりました。

若手ワークショップで発表することが決まった時には、修士 1 年というまだ研究を始めたばかりの立場で自らの研究を発表し意見を頂くことに対して恐れ多く感じておりました。しかし、Zoom 上でお話しして有意義なコメントを貰えたことのみならず Slack 上でもコメントを頂くことが出来、研究室外の方々の前で自らの研究について発表することへの自信に繋がりました。今後は私がコメントを頂くのみならず、他の方々に対して有意義なコメントが出来るように精進したいと思います。最後に議論に参加しコメントを下された方々や、お忙しい中このような場を催して下さった若手ワークショップ運営委員の方々に心より感謝します。

## 神経解剖学の世界

倉谷 滋

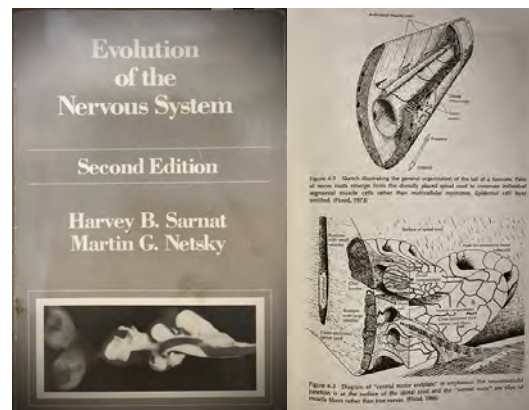
神経解剖学の祖、S. Ramon y Cajal (ラモニ・カハール) の著した『ヒトおよび脊椎動物の神経組織学: Histologie du Système Nerveux de l'Homme et des Vertébrés』。カハールといえば、神経細胞の存在、つまり「ニューロン説」を証明した神経学の巨人、その研究は神経系の「網状説」を唱えた彼のライバル、カミッロ・ゴルジの開発した「渡銀染色 (ゴルジ染色) 法」によるものだった。カハールとゴルジはともに1906年ノーベル賞を受賞。カハール関連の書籍はいくつか入手可能だが、もともとスペイン語で書かれたこの『神経組織学』については広くフランス語版が出回っていて、私も米国留学時に大枚はたいて購入したことがある。



スケッチがどれも素晴らしく美しい。が、帰国後間もなくして英訳版が出版されてしまった。熊本大学医学部のそばの医学系書店で、

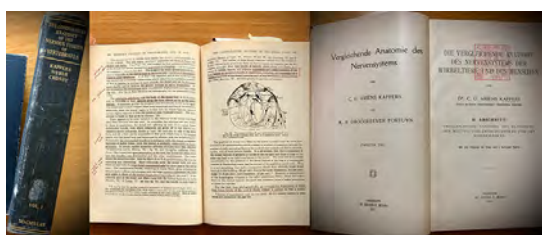
悔しい思いをしながら買ったことを思い出す。発生物学が解剖学的パターンを本格的に相手にするようになった頃、リバイバル出版された多くの古典のうちのひとつがこれというわけだったのだろう。ちなみに、「ニューロン」の名は細胞学者のワルダイエルによるもの。カハールがニューロンを発見し、証明した論文の別刷りの一冊は、ニューロンの命名者である細胞学者、ワルダイエルに謹呈されたが、記念碑的とも言うべきこの世でただひとつのその別刷りは、ワルダイエルのもとに留学していた解剖学者、小金井良精博士の手に渡り、東京大学医学図書館の「ワルダイエル文庫」に現在でも保管されているという (萬年甫博士談)。因みにこの話の詳細は、萬年甫・編訳『増補神経学の源流 2・ラモニ・カハール』においても読むことができる。少々高いが、教科書としてもオススメの一冊である。

良く知られるように、小金井博士はSF小説家、星新一氏の祖父にあたる。余談をもうひとつ。右翼結社、玄洋社をうち立てた杉山茂丸翁が死去し、その遺言に従って東京帝國大學で解剖されることになった際、立ち会うこととなったのがこの小金井博士である。そして杉山の長男こそ誰あろう、天下の奇書『ドラ・マグラ』の著者、夢野久作なのである。この小説も脳髓を扱っているわけだから、あながち無関係な話とも言えないのである。



カハールの膨大な著書と対照的に、脳の進化を明解に語った教科書として、H.B. Sarnat & M.G. Netsky 著の『**Evolution of the Nervous System 2nd Ed.**』(1981年)も重要な書籍だ。私は昔、神経系の進化発生学に凝っていたことがあり、そのときに入門書としてかなり読み込んでいた教科書がこれなのである。もともと骨格系の比較形態学からこの道に入ってきた身としては、非常にありがたい本であった。いわゆる原索動物(ナメクジウオとホヤ)の神経系の基本構築や、ヒモムシから脊索動物が進化したというアヤシイ学説など、すべてこの教科書から学んだ。内容はすでに古くなってしまったが、私の趣味に最も合った本だったと今でも思う。むしろ当時のことだから、遺伝子レベルの進化発生学的記述はない。が、本来こういった形態学的基盤がないと研究も面白くないと思うのだ。

統一性の取れた比較神経解剖学の教科書として名高い学者 Kappers, Huber & Crosby による『**The Comparative Anatomy of the Nervous System of Vertebrates, including Man**』(1937: 事実上これは Kappers の比較神経学の教科書を下敷きにしたもの)もまた、押しも押されもしない歴史的名著というべきである。これが出版されたとき、若き日の Nieuwenhuys 博士は、すでに『**脊椎動物の中樞神経系：The Central Nervous System of Vertebrates**』(Nieuwenhuys, Donkelaar & Nicholson, 1998)の出版計画を考え始めていたと、本人の口から聞いたことがある。もう20年前、神経系を専門とする研究者とともにスペイン、ムルシアでの比較神経発生学でのシンポジウムに出席したときの話である。



3分冊からなるこの新しい教科書は、脊椎動物のすべての主立ったグループを対象とし、脳の解剖学的構造を発生や進化の視点も取り入れて解説したもので、右コラムに見ての通りずっしりと重い。30年代以降、さまざまなテクノロジーが開発され、脳研究も凄まじい広がりを見せた。当然、90年代に書かれた比較神経学の本は、内容的にもそれだけ

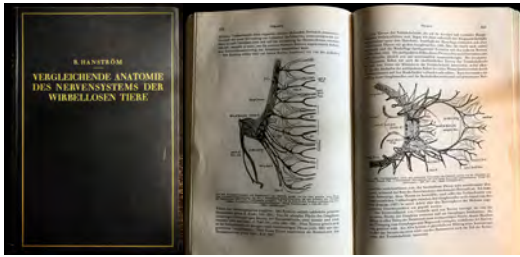
重厚なものとならざるを得ない。さらに、今世紀に入ってから脳進化についての理解は随分と進歩した。出版当時すでに遺伝子発現を視野に入れた比較発生学的アプローチの方向性は定まっており、日本人研究者もかなりこの分野には貢献した。その矢先の出版だったのである。

私自身はもともと中枢ではなく、末梢神経のほうに興味があったのだが、脳にも分節構造があることが認識され(神経分節)、ホメオボックス遺伝子群の発生機能の解明とともに、脊椎動物の頭部分節性の新しい研究が盛んとなるに及んで、私もヤツメウナギ胚を用い脳分節問題に取り組み始めていた。最近では、円口類のもうひとつのグループ、ヌタウナギまで使っている。いまはもう脳の設計プランの話はあまり聞かなくなったが、一体どうしてしまったというのだろう。



Nieuwenhuys 博士の教科書は美しいイラストが豊富で、付録として5枚のカラーポスターが付いている。そのポスターをスライドにして学会発表に使った研究者は当時可成りの数に上った。が、タネを明かせば、この図自体実は Etienne Serres の著した『**Anatomie Comparée du Cerveau**』(1824)に掲載されていた巻末図版をトレースしたものである。私が理研に勤め始めた2002年当時、図書委員を仰せつかっていたが、設立予算で何冊か古書を購入することになり、「この Serres のモノグラフを購入してオリジナル図版をスライドに用いれば、ちょっと渋いよな」と、阿形清和グループディレクターと話し合ったことも懐かしい思い出である。





さまざまな動物の神経系を解説したものならば、ハンシュトレーム (B. Hanström) の『**無脊椎動物比較神経解剖学 (1928; Vergleichende Anatomie des Nervensystems der Wirbellosentiere)**』が名著と言われるに相応しい。これに限らず、この分野の教科書は1930年前後のものが一番良いと思う。実はこれは、

岡山大学在職中(1998-2002)に阿形研と学生交えて輪読会をしていたときの教材でもある。当時は進化発生学 (EvoDevo) が流行りはじめていて、いきおい古典の重要性が増してはいたのだが、残念なことに無脊椎動物と脊椎動物が安易に比較されることが多く、加えて環形動物から直接節足動物が生まれたという古くからあった説も疑問視されはじめていたのである。そこで「これはちゃんと勉強しなければ」と選んだのがこの一冊。いま進化神経学の分野で活躍している研究者も加わっており、なかなか楽しく奥の深い輪読会であった。入手したのは東京本郷のK書店であった。

初出：「Facebook 衝動的に書籍紹介」(2020-21年)

## **Constrained & Directional Evolution Newsletter Vol. 5 No. 4**

発行：2021年7月2日

発行者：新学術領域研究「進化の制約と方向性～微生物から多細胞生物までを貫く表現型  
進化原理の解明～」(領域代表者 倉谷 滋)

編集：Constrained & Directional Evolution Newsletter 編集委員会(編集責任者 深津 武馬)

領域 URL：<http://constrained-evo.org/>